

УДК 63.621

В. Костюк, канд. техн. наук; А. Матвіїшин

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ВПЛИВ НЕРІВНОМІРНОСТЕЙ ПОЛЯ НА ДИНАМІКУ МАЛОГАБАРИТНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ

В даній роботі розглядаються питання міцності основних складових вузлів малогабаритного обприскувача. Змодельовано динамічне навантаження при виконанні машиною технологічного процесу. Розглянуто деякі граничні випадки контактної взаємодії колеса з перешкодою. Подано основні математичні залежності, що описують цей процес.

V. Kostyuk, A. Matvyishyn

INFLUENCE OF FIELD NON-UNIFORMITIES ON DYNAMICS OF SMALL SPRINKLERS

In the given work the questions of durability of basic component knots of small sprinkler are examined. The dynamic loading is modelled at implementation by the machine of technological process. Some maximum cases of contact co-operation of wheel are considered with the obstacle. The basic mathematical are given to dependence, that this process is described.

Створення нових типів сільськогосподарських машин і механізмів сприяє подальшому розвитку сільського господарства, підвищенню продуктивності праці за рахунок досягнення науково-технічного прогресу.

Проблема створення нової якісної сільськогосподарської техніки є надзвичайно актуальною сьогодні. Крім того, багатофункціональні малогабаритні машини для хімічного захисту у рослинництві на ринку практично відсутні. Сучасна пропозиція такого типу машин володіє досить обмеженими функціональними можливостями і не може вдовольнити всі потреби у хімічному захисті. Для їх реалізації потрібно накопичувати парк машин, що, з економічної точки зору, є недоцільним. Така умова дала поштовх для створення спеціального малогабаритного обприскувача. Дана машина вирізняється з-поміж своїх аналогів розширеними функціональними можливостями при виконанні технологічних процесів хімічного захисту рослин та при збереженні високих показників надійності і довговічності.

Тому метою роботи є дослідження окремих параметрів обприскувача, які суттєво позначаються на роботоздатності, надійності та безпечності керування. Особливо важливим є створення безпечних умов експлуатування машини та керування нею.

Решта параметрів займають також чільне місце, і шляхом до їх забезпечення є аналіз навантаженості машини як вихідних даних. Достовірність вихідних даних є визначальним при розрахунку.

У цій роботі буде досліджуватись причіпний малогабаритний обприскувач на поздовжню стійкість, що суттєво впливає на керованість коліс енергозасобу. В другій частині роботи визначатимуться коефіцієнти динамічності, які в подальших дослідженнях використовуватимемо для обчислення інерційних сил та проведення міцнісних розрахунків.

При конструюванні нового малогабаритного причіпного обприскувача, дуже важливими є нормативні вимоги навантаження на причіпну ланку з'єднання машини з трактором. Згідно з санітарно-гігієнічними нормами, навантаження на причіпну ланку не повинно перевищувати 80-120 Н і не може бути від'ємним для укомплектованої машини з незаповненим баком. При повному бакові навантаження на причіпну ланку не повинно перевищувати допустимого на нижні тяги трактора [1].

Оскільки причіпний обприскувач за конструкцією і принциповим компонованням складає собою одновісний причіп, то для дотримання вимог нормативного навантаження на нижні тяги трактора маємо можливість змінювати наступні параметри:

- відстань між причіпною ланкою та віссю ходової частини машини;
- горизонтальне переміщення центра тяги бака, а з ним і інших збірних одиниць;
- комбіновані змін горизонтальних координат осі ходових коліс і центрів мас вмонтованих на раму збірних одиниць [1, 2].

Розрахункова схема поздовжньої стійкості причіпного досліджуваного обприскувача, рис. 1 [3].

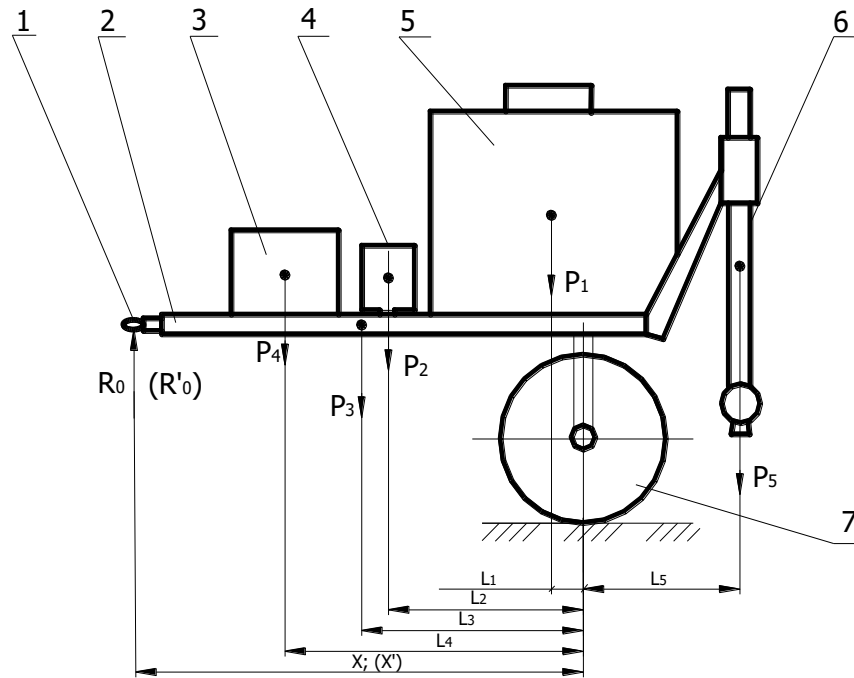


Рисунок 1 - Розрахункова схема поздовжньої стійкості причіпного малогабаритного обприскувача: 1 – причіп; 2 – рама; 3 – насос; 4 – блок керуючий; 5 – бак з робочою рідиною; 6 – штанга в зборі; 7 – колесо опорне.

На рис. 1 наведено розрахункову схему, згідно з якою отримано наступні залежності для визначення параметрів поздовжньої стійкості причіпного обприскувача:

- для незаповненого бака

$$P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_3 L_3 + P_4 L_4 - R_0 X - P_5 L_5 = 0, \quad (1)$$

звідки

$$X = \frac{P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_3 L_3 + P_4 L_4 - P_5 L_5}{R_0}, \quad (2)$$

де $80 \text{ Н} \leq R_0 \leq 120 \text{ Н}$ – реакція на причіпній ланці з'єднання машини з нижніми тягами енергозасобу;

P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 - сили ваги відповідно бака (незаповненого), блока керуючого, рами, насоса і штанги в зборі;

L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 - відстані від осі ходових коліс до центра ваги збірних одиниць.

- для заповненого бака

$$P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_3 L_3 + P_4 L_4 - R'_0 X' - P_5 L_5 = 0, \quad (3)$$

звідки

$$X' = \frac{P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_3 L_3 + P_4 L_4 - P_5 L_5}{R'_0} \quad (4)$$

Отже, поставлену мету забезпечення необхідної величини реакції R_0 можна досягти шляхом раціонального розміщення збірних одиниць та встановлення необхідної довжини причіпної скоби. Наведений розрахунок дозволяє аналізувати стійкість причіпного малогабаритного обприскувача у поздовжньо-вертикальній площині.

Крім цього, особливий інтерес представляє динамічний рух обприскувача в цій площині [4]. Визначення прискорень, що виникають у наведених центрах, є необхідними для встановлення інерційних сил в цих точках.

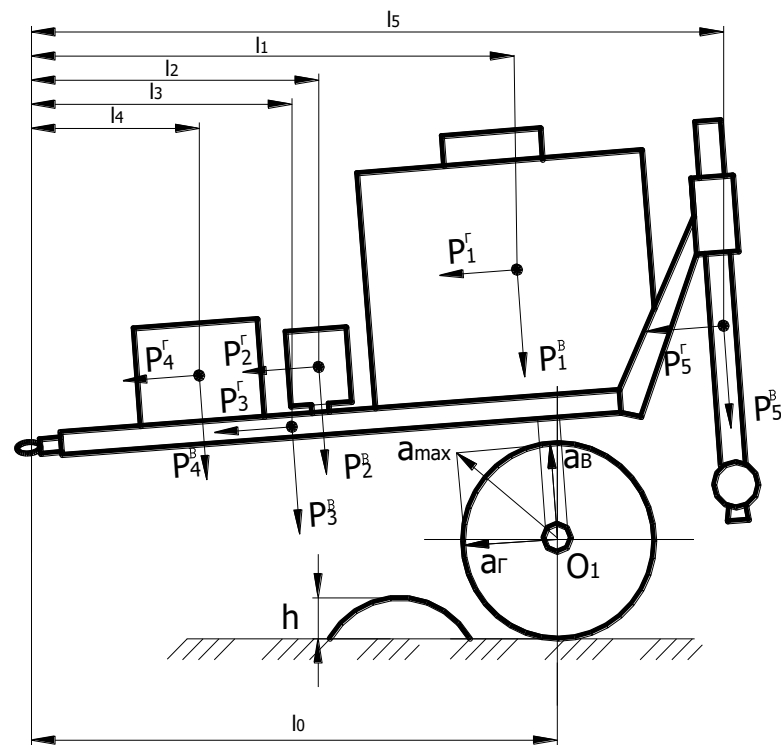


Рисунок 2 - Схематизація розрахунку динаміки завантаженості малогабаритного причіпного обприскувача.

На рис. 2 представлена розрахункова схема руху обприскувача в поздовжньо-вертикальній площині. Динамічний процес змальований таким чином, що, рухаючись прямолінійно, обприскувач своїм опорним колесом наїжджає на перешкоду висотою h . Отримуючи імпульс сили в точці контакту колеса з перешкодою, в центрах ваги основних вузлів виникають інерційні сили, які визначатимемо через відповідні прискорення.

У роботах [1,2] наведено методику та основні її положення для визначення величини і напрямку вектора прискорення на осі опорних коліс.

Рівняння руху колеса нерівною поверхнею має вигляд:

$$Z = -\frac{\omega \cdot h}{2} \cdot t \cdot \cos \omega t, \quad (5)$$

де h – величина вертикального переміщення (перешкоди), яка викликає збурюючу силу коливань машини;

$\omega = \sqrt{g/\Delta}$ – частота збурюючої сили;

g – прискорення вільного падіння;

Δ - прогин шини колеса при певному навантаженні.

Даний параметр характеризує контактну взаємодію опорного колеса з ґрунтовою поверхнею нерівності, де властивості ґрунту визначають величину прогину Δ . А також тут закладено вплив діаметра колеса та швидкість руху агрегату.

Відомо, що динаміку машини або іншого тіла характеризує величина прискорень, які виникають у даному випадку при наїзді на перешкоду, або збурююча сила іншої природи. Тому, щоб визначити коефіцієнт динамічності, визначаємо вертикальне прискорення на ходових колесах машини [2].

Відповідне прискорення для колісних машинно-тракторних агрегатів отримаємо, продиференціювавши двічі за часом рівняння (5):

$$a = \ddot{Z} = \omega^2 \cdot h \sin \omega t + \frac{\omega^3 \cdot h}{2} \cdot t \cdot \cos \omega t. \quad (6)$$

Екстремальне значення прискорення отримаємо, взявши похідну за часом від рівняння (6) і прирівнявши результат:

$$1,5 \cdot \omega^3 \cdot h \cdot \cos \omega t - \frac{\omega^4 \cdot h}{2} \cdot t \cdot \sin \omega t = 0, \quad (7)$$

звідки

$$t \cdot \operatorname{tg} \omega t = \frac{3}{\omega}. \quad (8)$$

Таким чином, отримали трансцендентне рівняння, яке розв'язується методом підбору в даному випадку значення t і $\operatorname{tg} \omega t$.

За відомими параметрами знаходимо частоту збурюючої сили ω , за значенням якої із виразу (8) визначаємо час t , коли прискорення набуде свого максимального значення a_{\max} .

Динамічне навантаження на осі ходових коліс визначається

$$P_o = K \cdot P_{cm}, \quad (9)$$

де $K = \frac{a_{\max}}{g}$;

P_{cm} - статичне навантаження в розглядуваній точці прикладання.

Дана динаміка виникає при миттєвій зміні положення ходових коліс у вертикальній площині відносно точки приєднання машини до трактора. Динамічні навантаження у кожній відомій точці прикладання статичних сил до рами машини (рис. 2) будуть визначатися як співвідношення плечей, відлік котрих вибираємо від точки обертання. За точку обертання приймаємо шарнірне з'єднання машини з трактором. Таким чином, для точок, розташованих між точкою з'єднання машини з трактором і ходовими колесами, коефіцієнт динамічності " K " зменшується. Для точок, розташованих за ходовими колесами, коефіцієнт динамічності буде збільшуватися пропорційно віддалі до точок, жорстко зв'язаних з рамою машини.

Для точок прикладання навантаження P_1, P_2, P_3, P_4 (рис. 2) коефіцієнти динамічності у вертикальній площині дорівнюють

$$K_i = K \cdot \frac{l_i}{l_o}. \quad (10)$$

де i - номер розглядуваної точки.

Висновок. Таким чином, було отримано залежності для визначення коефіцієнтів динамічності « K », якими зручно користуватися при подальших дослідженнях. Тут також варто зауважити, що наведена методика стосується випадку, коли перешкоду висотою h долають два колеса одночасно. Це справедливо, якщо обприскувач рухається впоперек залишених (нарізаних) гребенів чи задернілої оранки. Таку технологічну операцію необхідно виконувати при хімічному обробітку чистих парів чи напівпарів.

Для виконання ж хімічного захисту культурних рослин в певні фази їх розвитку такі випадки зустрічаються рідше. Тут характер появи перешкоди є випадковим. Здебільшого, впливу випадкової нерівності зазнає одне із опорних коліс обприскувача, де при їх контакті виникає збурююча сила, що породжує інерційні прискорення.

Аналізуючи такий характер впливу на обприскувач перешкоди, необхідно до розв'язку аналогічної задачі підходити дещо по-іншому. Суть цього підходу полягатимиме у розгляді руху обприскувача в поперечно-вертикальній та поздовжньо-вертикальній площинах. При розгляді поперечно-вертикальної площини та при наїзді одним колесом на перешкоду будемо мати модель, коли одне колесо рухатиметься траєкторією, що описує перешкоду, а контакт іншого з ґрунтовою поверхнею буде виступати в ролі миттєвого центра обертання. Тут ще необхідно мати на увазі, що від величини і характеру перешкоди залежатиме чи колесо переїде через неї чи пересуватиме її перед собою [5, 6]. При наїзді одним колесом на перешкоду траєкторія його руху залежатиме від властивостей як перешкоди, так і параметрів колеса. Оскільки перешкода може бути у вигляді купини ґрунту, каміння, інших уламків, то взаємодія їх з колесом обприскувача також буде суттєво відрізнятися. Найбільш типовою є, все ж таки, ґрунтова перешкода. І тому буде доцільним пов'язати траєкторію руху колеса обприскувача з властивостями ґрунту. Особливо це суттєво позначатиметься в першому моменті контакту при наїзді, тоді через імпульс сили обприскувач отримає інерційні прискорення. Крім того, їх величина залежатиме від параметрів самого колеса та швидкості руху агрегату.

В поздовжньо-вертикальній площині, для цього випадку, необхідно розв'язувати задачу за наведеною методикою, але враховувати місцезнаходження основних вагових складових, оскільки тут вже не буде пропорційної залежності для визначення коефіцієнта динамічності.

При розв'язанні такої задачі в цілому, в кожному конкретному випадку, повинен бути індивідуальний підхід. Це пов'язано з типом обприскувача, його геометричними параметрами та особливостями експлуатування.

Література

1. Рибак Т.І. Підвищення надійності машин для хімічного захисту у рослинництві. - К.: Урожай, 1986.- 104 с.
2. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. - Тернопіль: Збруч, 2002. - 330 с.
3. Патент України №68939 А на винахід, МКИ А01М7/00, А01М11/00. Рама причіпного обприскувача / Рибак Т.І., Бабій А.В., Матвійшин А.Й. Бюл. №8, 2004.
4. Рибак Т.І., Бабій А.В. Універсальний малогабаритний обприскувач // Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. - ХДТУСГ - 2003. - Випуск 17. - С. 221 - 224.
5. Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И., Султан-Шах Е.Г. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. - М: Машиностроение, 1980. - 565 с.
6. Листопад Г.Е., Семенов А.Н., Демидов Т.К. и др. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. - М.: Колос, 1976. - 751 с.

Одержано 20.11.2006 р.